

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Mai 2002 (10.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/37578 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 33/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04171

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. November 2001 (06.11.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 54 966.7 6. November 2000 (06.11.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &  
CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regens-  
burg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUR, Johannes  
[DE/DE]; Am Haslach 9, 93180 Deuerling (DE). EISERT,  
Dominik [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg  
(DE). FEHRER, Michael [DE/DE]; Rilkestrasse 5B,  
93077 Bad Abbach (DE). HAHN, Berthold [DE/DE];  
Am Pfannenstiel 2, 93155 Hemau (DE). HÄRLE, Volker  
[DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164 Waldetzenberg (DE).  
JACOB, Ulrich [DE/DE]; Nothafstrasse 12a, 93053

Regensburg (DE). OBERSCHMID, Raimund [DE/DE];  
Minoritenweg 7 B, 93161 Sinzing (DE). PLASS, Werner  
[DE/DE]; Obere Bachgasse 9, 93042 Regensburg (DE).  
STRAUSS, Uwe [DE/DE]; Erich-Kästner-Strasse 32,  
93077 Bad Abbach (DE). VÖLKL, Johannes [DE/DE];  
Hofer Strasse 4, 91056 Erlangen (DE). ZEHNDER,  
Ulrich [DE/DE]; Augustenstrasse 11, 93049 Regensburg  
(DE).

(74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER; Ridler-  
strasse 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

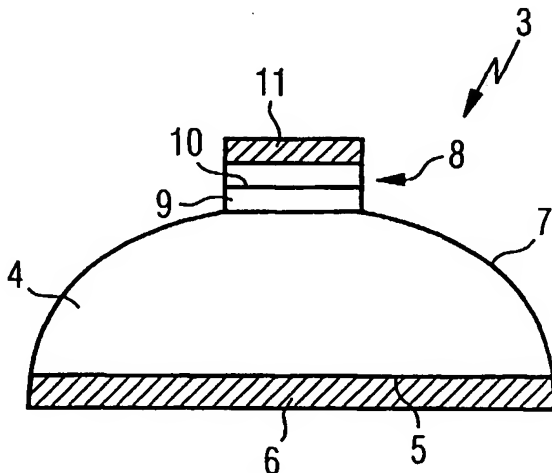
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: RADIATION-EMITTING CHIP

(54) Bezeichnung: STRAHLUNGSEMITTIERENDER CHIP



(57) Abstract: A light-emitting chip (3) comprises a  
lens-shaped output window (4), the base surface (5) of  
which is provided with a mirror surface (6). A sequence  
of layers (9) is arranged on an output surface (7) of the  
output window (4) with a photon-emitting p-n junction  
(10). The photons emitted by the p-n junction are re-  
flected at the mirror surface (6) and can leave the output  
window (4) through the output surface (7).

(57) Zusammenfassung: Ein Licht emittierendes  
Chip (3) weist ein linsenförmiges Auskoppelfenster  
(4) auf, dessen Grundfläche (5) mit einer Spiegelfläche  
(6) versehen ist. Auf einer Auskoppelfläche (7)  
des Auskoppelfensters (4) ist eine Schichtfolge  
(9) angeordnet mit einem Photonen emittierenden  
pn-Übergang (10). Die vom pn-Übergang emittierten  
Photonen werden an der Spiegelfläche (6) reflektiert  
und können das Auskoppelfenster (4) durch die  
Auskoppelfläche (7) verlassen.

WO 02/37578 A1

## Beschreibung

## Strahlungsemittierender Chip

- 5 Die Erfindung betrifft einen strahlungsemittierenden Chip mit einem Photonen emittierenden aktiven Bereich und einem diesen zugeordneten, insbesondere an diesen angrenzenden Auskoppelfenster, der eine Auskoppelfläche aufweist, über die zumindest ein Teil der von dem aktiven Bereich emittierten Strahlung aus dem Chip ausgekoppelt wird.

- Aus der US 50 87 949 A ist ein Leuchtdiodenchip bekannt, der ein pyramidenstumpfförmiges n-dotiertes Auskoppelfenster aufweist. Entlang der Grundfläche des n-leitenden Grundkörpers ist eine p-leitende Schicht ausgebildet. Unterhalb der p-leitenden Schicht befindet sich eine Isolierschicht, die von einem zentralen Fenster unterbrochen ist. In dem Fenster ist die p-leitende Schicht von einer Kontaktschicht kontaktiert. Auf der Oberseite des pyramidenstumpfförmigen Grundkörpers befindet sich eine weitere Kontaktschicht. Durch die Isolierschicht ist der Stromfluß durch die p-leitende Schicht und den n-leitenden Grundkörper auf den Bereich des Fensters eingeschränkt. Bei Stromfluß werden im Bereich des Fensters entlang der Grenzfläche zwischen der p-leitenden Schicht und dem n-leitenden Grundkörper Photonen emittiert. Aufgrund der pyramidenstumpfförmigen Ausgestaltung des Grundkörpers trifft ein Großteil der Photonen auf eine Auskoppelfläche des pyramidenstumpfförmigen Grundkörpers unter einem Winkel, der kleiner als der kritische Winkel für die Totalreflexion ist. Dadurch weist dieses bekannte Bauelement eine vergleichsweise hohe Lichtausbeute auf.

- Ein Nachteil des bekannten Leuchtdiodenchips besteht darin, daß sich der pn-Übergang an der Montageseite des Chips befindet. Bei einer Montage mit elektrisch leitfähigem Silber-Epoxy-Kleber besteht daher eine hohe Gefahr, dass seitlich hochquellender Kleber den aktiven Bereich elektrisch kurzschließt, was zum Ausfall des Bauelements führt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Chip der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem insbesondere die Gefahr  
5 eines Kurzschlusses des oder eines Teils des aktiven Bereichs weitestgehend beseitigt ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Chip mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

10

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 25 angegeben.

Im Weiteren Text ist unter "Chipachse" eine senkrecht zu einer Montagefläche des Chips durch den Chip verlaufende Gerade  
15 zu verstehen.

Gemäß der Erfindung weist der aktive Bereich des Chips eine senkrecht zur Chipachse liegende Querschnittsfläche auf, die  
20 kleiner ist als eine senkrecht zur Chipachse liegende Querschnittsfläche des Auskoppelfensters und ist der aktive Bereich in Abstrahlungsrichtung des Chips dem Auskoppelfenster nachgeordnet. An der vom aktiven Bereich abgewandten und damit der Montagefläche zugewandten Seite des Auskoppelfensters  
25 ist eine Spiegelfläche ausgebildet. Diese Spiegelfläche ist vorzugsweise größer als die oben genannte Querschnittsfläche des aktiven Bereichs und ist vorzugsweise aus einer Metallisierungsschicht gebildet, die besonders bevorzugt gleichzeitig zur elektrischen Kontaktierung des Chips verwendet wird.

30

Bei dem Chip gemäß der Erfindung ist der Photonen emittierende aktive Bereich weit genug entfernt von jeglichem elektrisch leitenden Verbindungsmittel zur Befestigung des Chips auf einem Chipträger, so dass die Gefahr eines elektrischen  
35 Kurzschlusses des aktiven Bereichs durch das elektrisch leitende Verbindungsmittel weitestgehend beseitigt ist. Der Chip gemäß der Erfindung läßt sich daher zuverlässig montieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Bauelements gemäß der Erfindung weist eine zur Abstrahlrichtung des Chips gewandte Fläche eines seitlich über den aktiven Bereich hinausragenden Teilbereiches des Auskoppelfenster eine gekrümmte, beispielsweise eine kreisrund nach außen gewölbte Oberfläche auf. Bevorzugt ist die gekrümmte Oberfläche vollständig um den aktiven Bereich umlaufend, so dass das Auskoppelfenster zumindest eine einer kugelkalottenartigen Form angenäherte äußere Kontur aufweist.

Der Querschnitt des aktiven Bereichs und der Krümmungsradius  $R_2$  der gekrümmten Oberfläche des Auskoppelfensters sind dabei so gewählt, daß der durch die Spiegelung an der Spiegelfläche entstehende virtuelle aktive Bereich innerhalb der dem Kreissegment zugeordneten Weierstrass'schen Kugel zu liegen kommt. Das bedeutet insbesondere, daß die Krümmungsradien  $R_2$  größer als oder gleich der zweifachen Höhe des Bauelements sind. Außerdem ist die halbe maximale Außenabmessung  $R_1$  des aktiven Bereichs entlang der Auskoppelfläche  $R_1 < R_2 n_A/n_i$ , wobei  $n_i$  der Brechungsindex des Materials des Auskoppelfensters und  $n_A$  der Brechungsindex der Umgebung ist, die insbesondere von einem Chip-Verguss gebildet ist.

Mit dieser Anordnung kommt der Chip der Idealform nach Weierstrass nahe, da der virtuelle aktive Bereich innerhalb der Weierstrass'schen Kugel liegt und die dort virtuell erzeugten Photonen den Grundkörper verlassen können.

Bei Erfindung eignet sich besonders bevorzugt für Chips, bei denen das Material des Auskoppelfensters einen größeren Brechungsindex aufweist als das an diese angrenzende Material des aktiven Bereichs, der meist als aktive Mehrschichtstruktur ausgebildet ist. Dadurch wird vorteilhafterweise die Reflexion der von der aktiven Zone nach hinten ausgesandten Strahlung an der Grenzfläche zwischen aktivem Bereich und Auskoppelfenster vermindert und es erfolgt eine Komprimierung der in das Auskoppelfenster eingekoppelten Strahlung.

Die erfindungsgemäße Chipgeometrie wird besonders bevorzugt bei Nitrid-basierten LED-Chips verwendet, bei dem die aktive Mehrschichtstruktur auf einem SiC- oder SiC-basierten Aufwachs-Substrat hergestellt ist. Hier gilt  $\text{Brechungsindex}_{\text{aktive Schicht}} > \text{Brechungsindex}_{\text{Substrat}}$ . GaN-basierte LED-Chips sind LED-Chips, deren strahlungsemittierende Schicht beispielsweise GaN, InGaN, AlGaN und/oder InGaAlN aufweist.

Unter „Nitrid-basiert“ fallen insbesondere alle binären, ternären und quaternären Stickstoff aufweisenden III-V-Halbleiter-Mischkristalle, wie GaN, InN, AlN, AlGaN, InGaN, InAlN und AlInGaN.

Analog dazu ist mit „SiC-basiert“ jedes Mischkristall gemeint, dessen wesentliche Eigenschaften von den Bestandteilen Si und C geprägt ist.

Die Schichtenfolge des aktiven Bereichs wird vorzugsweise bereits auf ein Substratmaterial aufgewachsen, das später zu Auskoppelfenstern weiterverarbeitet wird.

Nachfolgend wird die Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein dem Weierstrass-Prinzip folgenden Licht erzeugenden Element;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Chip gemäß der Erfindung;

Figur 3 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch den Chip aus Figur 2, bei der die Lage des virtuellen aktiven Bereichs eingezeichnet ist;

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Chips gemäß der Erfindung;

- Figur 5 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel mit gerichteter Abstrahlung;
- 5 Figur 6 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel, dessen Spiegelfläche unter dem aktiven Bereich die Photonen in seitliche Richtung lenkende Erhebungen aufweist;
- 10 Figur 7 ein Ausführungsbeispiel mit konkaver Spiegelfläche und
- Figur 8 ein Bauelement mit nebeneinander angeordneten aktiven Bereichen, denen jeweils ein pyramidenstumpfförmiger Abschnitt eines Auskoppelfensters zugeordnet ist.
- 15

Das in Figur 1 dargestellte Element besitzt einen Querschnitt, der nach Weierstrass ideal gestaltet ist. Das Element weist einen inneren Licht erzeugenden Bereich 1 mit Radius  $R_1$  auf. Der Licht erzeugende Bereich 1 ist von einer Hülle 2 mit Brechungsindex  $n_1$  und Radius  $R_2$  umgeben. Die Hülle 2 ist umgeben von einem Material mit Brechungsindex  $n_A$  (z.B. Luft oder Kunststoff-Vergußmaterial). Damit das im Licht erzeugenden Bereich 1 erzeugte Licht vollständig aus der Hülle 2 auskoppeln kann, muß gelten:  $R_1/R_2 < n_A/n_1$ .

20

25

In Figur 2 ist ein Querschnitt durch einen Leuchtdioden(LED)-Chip 3 dargestellt, der ein kugelkalottenartiges Auskoppelfenster 4 aufweist, an dessen Grundfläche 5 eine Spiegelschicht 6 ausgebildet ist. Gegenüber der Spiegelschicht 6 ist auf dem Auskoppelfenster 4 ein Photonen emittierender aktiver Bereich 8 vorgesehen. Der aktive Bereich 8 umfaßt eine Schichtfolge 9 mit einer strahlungsemittierenden Zone 10, insbesondere einem strahlungsemittierenden pn-Übergang 10, und ist mit einer Kontaktschicht 11 abgedeckt. Der aktive Bereich 8 kann neben den Schichten der strahlungsemittierenden Zone 10 weitere, beispielsweise die kristalline oder elektri-

30

35

sche Anpassung betreffende Schichten, und/oder auch sogenannte Abdeckschichten umfassen. Derartige Schichtenfolgen sind bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Auch die Spiegelschicht 6 kann als Kontaktschicht ausgebildet sein.

Bei Stromfluß durch das Auskoppelfenster 4 und den aktiven Bereich 8 werden in der strahlungserzeugenden Zone 10 durch Rekombination von Ladungsträgern Photonen erzeugt. Ein Teil dieser erzeugten Photonen wird zum Auskoppelfenster 4 hin emittiert, an der Grundfläche 5 reflektiert und zu einem großen Teil in Richtung auf die Auskoppelfläche 7 hin gelenkt. Falls sie dort unter einem Winkel auftreffen, der kleiner als der kritische Winkel (auch Grenzwinkel genannt) für die Totalreflexion ist, können die Photonen durch die Auskoppelfläche 7 hindurchtreten und das Auskoppelfenster 4 verlassen. Die Wahrscheinlichkeit, dass letzteres eintritt, ist mit einem erfindungsgemäßen Chip im Vergleich zu herkömmlichen Chipgeometrien erhöht.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die geometrischen Verhältnisse des Chips so gewählt werden, daß ein virtuelles Bild des aktiven Bereichs 8 so bezüglich der Auskoppelfläche 7 zu liegen kommt, daß die Weierstrass'sche Bedingung für eine Lichtauskopplung ohne Totalreflexion erfüllt ist. Dies ist der Fall, wenn die Krümmungsradien  $R_2$  der Auskoppelfläche 7 so gewählt werden, daß gilt:  $2H - R_2 \frac{n_A}{n_1} \leq R_2 \leq 2H + R_2 \frac{n_A}{n_1}$ , vorzugsweise  $R_2 = 2H$ , wobei H die Höhe des Chips 3 ist. Ferner muß für die halbe Ausdehnung  $R_1$  des aktiven Bereichs 8, den Brechungsindex  $n_1$  des aktiven Bereichs 8 und den Brechungsindex  $n_2$  des Auskoppelfensters 4 gelten:  $R_1/R_2 < n_A/n_1$ . In diesem Fall kann ein Großteil der auf die Spiegelfläche 6 auftreffenden Photonen durch die Auskoppelfläche 7 auskoppeln. Ausgenommen davon sind im Wesentlichen nur diejenigen Photonen, die zwischen der Spiegelfläche 6 und dem aktiven Bereich 8 hin und her reflektiert werden oder im aktiven Bereich 8 weider absorbiert werden.

In Figur 4 ist ein abgewandelter Chip 13 dargestellt, dessen Auskoppelfenster 14 über eine Teildicke, ausgehend von der Grenzfläche zum aktiven Bereich 8 mittels schräg von der Chipachse weg verlaufenden Seitenflächen 15 pyramidenstumpfförmig ausgebildet ist. Zusammen mit den übrigen Seitenflächen des Auskoppelfensters 14 bilden die schräg verlaufenden Seitenflächen 15 eine domartig gewölbte Auskoppelfläche, deren Einhüllende näherungsweise kugelkalottenartig ist. Letztere ist in Figur 4 durch die gestrichelte Linie eingezeichnet. Der in Figur 4 dargestellte Chip ist insofern von Vorteil, als er auf einfache Weise hergestellt werden kann und gleichzeitig der Idealform nach Weierstrass angenähert werden kann.

Abweichend von dem in Figur 4 dargestellten Chip 13 verlaufen bei dem in Figur 5 dargestellten Chip 16 die schräg verlaufenden Seitenflächen 17 in einem spitzeren Winkel zur Chipachse als die entsprechenden Seitenflächen 15 des Chips 13 von Figur 4. Die Seitenflächen 15 des Chips 13 sind in Figur 5 gestrichelt angedeutet. Durch den spitzeren Winkel der Seitenflächen 17 wird die vom Chip 16 ausgehende Strahlung in Richtung einer Abstrahlrichtung 18 konzentriert. Dies wird durch die mit durchgezogenen Linien in Figur 15 eingezeichneten Photonentrajektorien veranschaulicht, die gegenüber den gestrichelt eingezeichneten Photonentrajektorien 20 des Chips 13 aus Figur 4 stärker zur Abstrahlrichtung 18 hin ausgerichtet sind.

Anhand von Figur 5 wird auch deutlich, daß einige der Photonentrajektorien 19 mehrmals zwischen der Kontaktschicht 11 und der Spiegelschicht 6 hin und her verlaufen. Photonen, die solche Trajektorien aufweisen, werden zum Teil im aktiven Bereich 8 absorbiert und gehen verloren. Wie in Figur 6 angedeutet, kann durch Vorsehen von zur Chipachse schrägstehenden Flächen 30 an der vom aktiven Bereich 8 abgewandten Seite des Auskoppelfensters 14, die bevorzugt spiegelnd ausgebildet sind, dieses Problem zumindest gemindert werden. Die schrägstehenden Flächen 30 können die besagten Photonentrajektorien



19 in seitliche Richtung von der Chipachse weg lenken, so dass sie nicht mehr zum aktiven Bereich 8 hin, sondern zu einer Seitenfläche des Auskoppelfensters 14 hin reflektiert werden.

5

Solche schräg zur Chipachse stehenden Strahlungsumlenkflächen 30 können beispielsweise durch eine geeignete Strukturierung des Auskoppelfensters 14 mittels Ausnehmungen 21 und dazwischenliegenden Erhebungen 22 unter dem aktiven Bereich 8 in der Grundfläche 5 erzielt werden.

10

Die Ausnehmungen 21 können beispielsweise durch reaktives Ionen-Ätzen (RIE) oder durch Einsägen hergestellt sein.

15

Bei dem in Figur 7 dargestellten Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel weist das Auskoppelfenster 26 an seiner vom aktiven Bereich 8 abgewandten Seite eine Spiegelschicht 6 mit der Form eines paraboloidartigen Hohlspiegels auf. Vorzugsweise befindet sich der Brennpunkt der Spiegelschicht 6 im aktiven Bereich 8. Durch Reflexion an der Spiegelfläche 6 werden die vom aktiven Bereich 8 ausgehenden Photonentrajektorien derart reflektiert, daß die Photonen unter einem Winkel der kleiner als der kritische Winkel für die Totalreflexion ist auf die Vorderseite 24 des Auskoppelfensters 26 treffen. Dies ist in Figur 7 anhand der Photonentrajektorien 25 veranschaulicht. Zusätzlich zu der paraboloidartigen Chiprückseite kann die Oberseite 24 des Auskoppelfensters 26 wie bei den Chips gemäß den Figuren 2, 4 und 5 ausgebildet sein.

20

25

30

Der Chipgeometrie gemäß Figur 7 hat den Vorteil, daß die Auskoppelfläche an der Vorderseite der Fensterschicht 26 und kleiner ist. Die Leuchtdichte ist vorteilhafterweise höher als beim Chip 3 gemäß Figur 2. Damit läßt sich das Licht mit nachgeordneten Optiken leichter abbilden.

35

Schließlich können, wie in Figur 8 dargestellt, mehrere Chips 3, 13 oder 23 nebeneinander angeordnet und zu einem einzigen

Chip 27 verbunden sein. Die Seitenflächen 15 werden dabei durch Vertiefungen 28 im Auskoppelfenster 4 gebildet. Vorzugsweise werden die Vertiefungen 28 durch Profilsägen in das Auskoppelfenster 4 eingebracht.

5

Bei den in Figuren 1 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Spiegelfläche 6 jeweils als Kontaktschicht ausgebildet. Es ist jedoch auch möglich, die Kontaktierung nicht ganzflächig vorzunehmen, sondern neben einer die Grundfläche 5 teilweise bedeckenden Kontaktierung eine Verspiegelung der restlichen Fläche vorzusehen. Eine die Grundfläche 5 teilweise bedeckende Kontaktierung kann beispielsweise netzartig oder streifenförmig ausgebildet sein. Zweckmäßigerweise sollte die entlang der Grundfläche 5 ausgebildete Kontaktschicht der oberen Kontaktschicht 11 genau gegenüberliegen, um die elektrischen Verluste klein zu halten.

Es ist auch möglich, anstelle einer Kontaktierung entlang der Grundfläche eine Kontaktierung zwischen dem aktiven Bereich 8 und dem Auskoppelfenster 4 bzw. 26 vorzusehen, die seitlich herausgeführt ist.

Bei den in den Figuren 2 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispielen ist der aktive Bereich 8 jeweils auf einem linsenförmigen Auskoppelfenster 4 angeordnet. Es ist auch denkbar, bei den in Figuren 2 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen das Auskoppelfenster 4 in der Gestalt einer Fresnel-Linse auszubilden. Ebenso kann bei dem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiel die Spiegelfläche 6 die Gestalt eines Fresnel-Spiegels aufweisen.

Die Kontakte können streifenförmig oder netzartig ausgebildet sein, wobei die Zwischenräume zwischen den Streifen bzw. Netzlinsen vorzugsweise reflektierend ausgebildet sind.

35

Beispiel 1:

Die Auskoppelleffizienz wurde für den Chip 16 gemäß Figur 5 mit einer Grundfläche 5 von  $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$  und einem pn-Übergang 10 mit einer Fläche von  $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$  untersucht. Die Reflexion an der Spiegelfläche 6 war 90%, die Reflexion an der Kontaktschicht 11 war 80%. Die Seitenflächen 17 weisen einen Steigungswinkel von 60 Grad auf. Das Auskoppelfenster 4 wurde aus SiC gefertigt und der aktive Bereich 8 wurde auf der Basis von InGaN hergestellt. In diesem Fall konnten 42% der emittierten Photonen den Chip 16 verlassen.

#### Beispiel 2:

Bei einem weiteren Chip 16, der sich von dem Chip 16 aus Beispiel 1 nur durch einen Steigungswinkel der Seitenflächen 17 von 45 Grad unterscheidet, betrug die Auskoppelleffizienz 39%.

#### Vergleichsbeispiel 1:

Bei einem herkömmlichen Würfel-Chip mit der Grundfläche  $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$ , einer Rückseitenreflexion von 90%, einer Vorderseitenreflexion an einem Kontakt von 80% betrug die Auskoppelleffizienz 28%.

#### Vergleichsbeispiel 2:

Bei einem herkömmlichen Würfel-Chip mit der Grundfläche  $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$  und einer absorbierenden vorderseitigen Kontaktierung von  $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$  und einem weiteren vorderseitigen, transparenten Kontakt zur Stromaufweitung mit einer Transmission von 50% und mit einer Rückseitenreflexion von 90% betrug die Auskoppelleffizienz 25%.

Untersuchungen ergaben, dass bei dem in Figur 5 dargestellten Chip 16 eine Steigerung der Lichtausbeute gegenüber einem herkömmlichen Würfel-Chip um den Faktor 1,7 erzielt wird. Bei dem in Figuren 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Steigerung der Lichtausbeute noch deutlich höher.

Die Steigerung der Lichtausbeute ist insbesondere bei UV-Licht emittierenden Chips wesentlich, da die zum Vergießen der Chips verwendeten Materialien im allgemein UV-Licht absorbieren und daher nicht verwendet werden können. Die hier  
5 vorgestellten Chips 3,13,16 und 23 weisen jedoch eine so hohe Auskoppelleffizienz auf, daß auf einen Verguß verzichtet werden kann.

## Patentansprüche

1. Chip für die Optoelektronik, insbesondere LED-Chip, mit  
einem Photonen emittierenden aktiven Bereich (8) und einem  
5 mindestens eine Auskoppelfläche (7, 15, 17) aufweisenden Aus-  
koppelfenster (4),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der aktive Bereich (8) bezogen auf eine Hauptabstrahl-  
richtung (18) des Chips dem Auskoppelfenster (4) nachgeordnet  
10 ist, daß auf der dem aktiven Bereich (8) gegenüberliegenden  
Seite (5) des Auskoppelfensters (4) eine Spiegelfläche (6)  
ausgebildet ist und daß die Auskoppelflächen (7, 15, 17)  
seitlich über die Seitenflächen des aktiven Bereichs (8) hin-  
ausragen.
- 15 2. Chip nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der aktive Bereich (8) eine auf dem Auskoppelfenster (4)  
ausgebildete Schichtenfolge (9) ist.
- 20 3. Chip nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der Chip eine durch den aktiven Bereich (8) verlaufende  
Chipachse aufweist.
- 25 4. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß das Auskoppelfenster (4) eine domartige, insbesondere ku-  
gelkalottenartige Form aufweist, wobei sich das Auskoppelfen-  
30 ster zum aktiven Bereich hin verjüngt.
5. Chip nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß ein Krümmungsradius einer Auskoppelfläche (7)  $R_2$  größer  
35 gleich  $2H - R_2 \frac{n_A}{n_i}$  und kleiner gleich  $2H + R_2 \frac{n_A}{n_i}$  ist, wobei  
H gleich der Höhe des Chips ist.

6. Chip nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für die halbe maximale Abmessung  $R_1$  der Schichtfolge (9)  
entlang der Auskoppelfläche gilt:

5  $R_1 < R_2 n_A / n_i.$

7. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Auskoppelfenster (4) wenigstens abschnittsweise pyra-  
10 midenstumpfförmig ausgebildet ist.

8. Chip nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das wenigstens abschnittsweise pyramidenstumpfförmig aus-  
15 gebildete Auskoppelfenster (4) ein Kugelsegment umhüllt.

9. Chip nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das wenigstens abschnittsweise pyramidenstumpfförmige  
20 Auskoppelfenster (4) ein Rotationsellipsoid mit durch den ak-  
tiven Bereich (8) verlaufender Längsachse umhüllt.

10. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß das Auskoppelfenster (4) als Fresnel-Linse ausgebildet  
ist.

11. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 daß die Spiegelfläche (6) unter dem aktiven Bereich (8) die  
Photonen in seitliche Richtung lenkende Erhebungen (21) auf-  
weist.

12. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Spiegelfläche (6) gekrümmt ist.

13. Chip nach Anspruch 12,

14

dadurch gekennzeichnet,  
daß die Spiegelfläche (6) gesehen vom aktiven Bereich (8)  
konkav ausgebildet ist.

5 14. Chip nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Spiegelfläche (6) als Paraboloid ausgebildet ist.

15. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Spiegelfläche (6) als Fresnel-Spiegel ausgebildet  
ist.

16. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Spiegelfläche (6) als Kontaktfläche dient.

17. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 daß die Spiegelfläche (6) neben Kontaktflächen ausgebildet  
ist.

18. Chip nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß die Kontakte streifenförmig ausgebildet sind.

19. Chip nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Kontakte netzartig ausgebildet sind.

30 20. Chip nach einem der Ansprüche 17 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Kontaktfläche dem aktiven Bereich (8) gegenüberliegt.

35 21. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zwischen aktivem Bereich (8) und Auskoppelfenster (4) ei-  
ne Kontaktschicht ausgebildet ist.

22. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Material des Auskoppelfensters einen größeren Bre-  
5 chungsindex aufweist als das Material des aktiven Bereichs.

23. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Nitrid-basierter aktiver Bereich vorgesehen ist und  
10 das Auskoppelfenster SiC- oder aus SiC-basiertes Material  
aufweist.

24. Chip nach Anspruch 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 daß eine strahlungsemittierende Schicht des aktiven Bereichs  
GaN, InGaN, AlGaN und/oder InGaAlN aufweist.

25. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 daß der aktive Bereich auf dem Auskoppelfenster aufgewachsen  
ist.



1/4

FIG 1

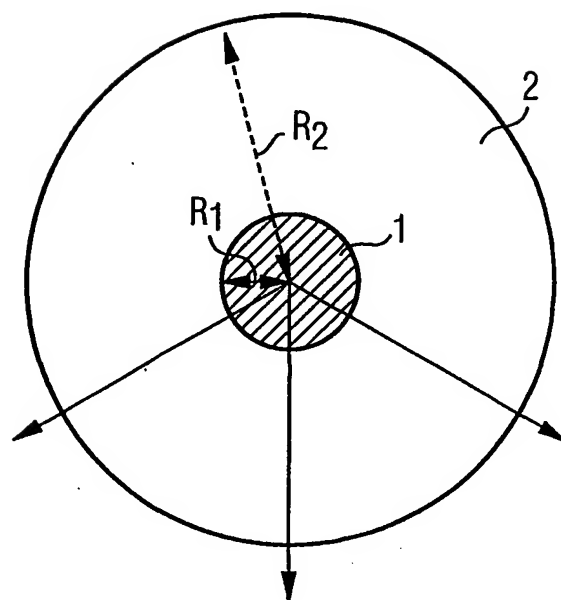
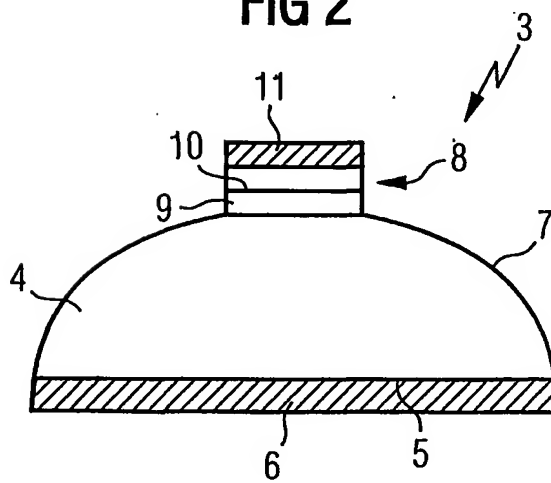


FIG 2



2/4

FIG 3

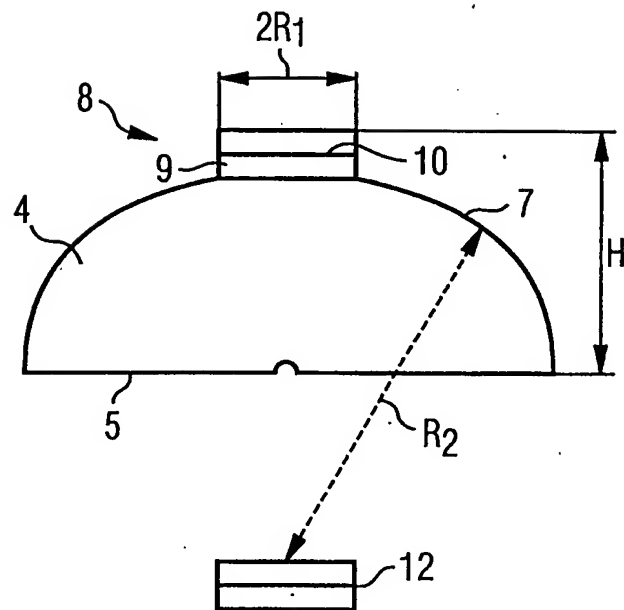
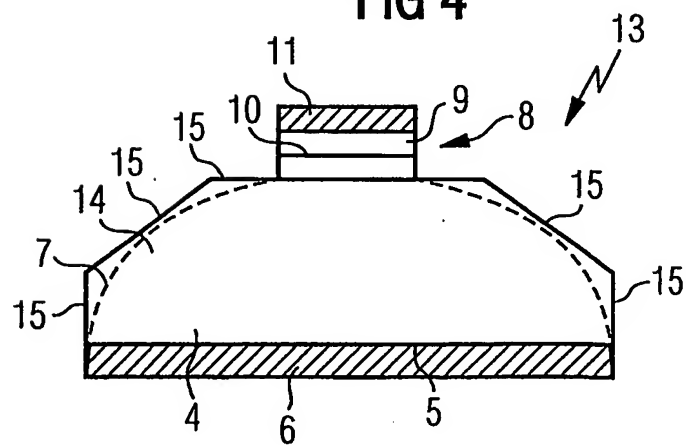


FIG 4



3/4

FIG 5

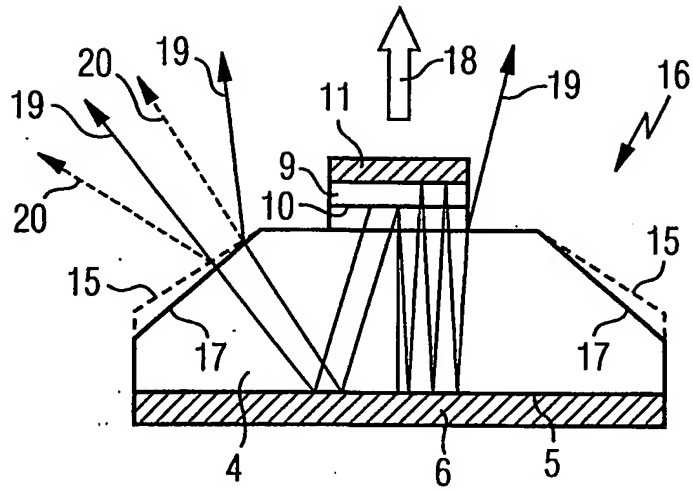


FIG 6

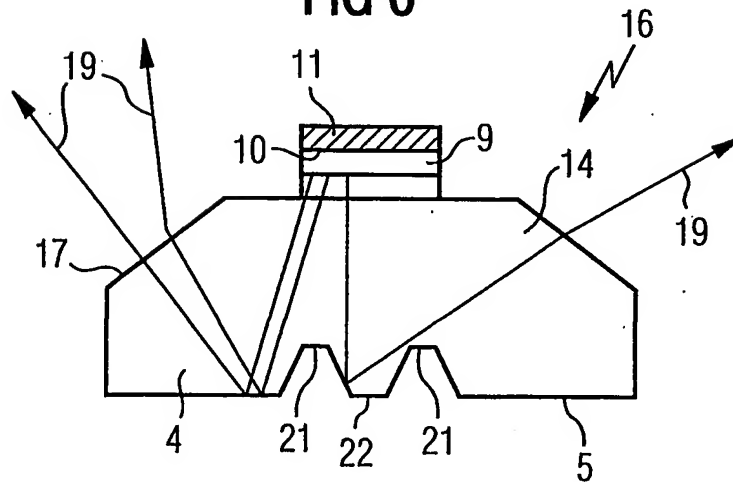


FIG 7

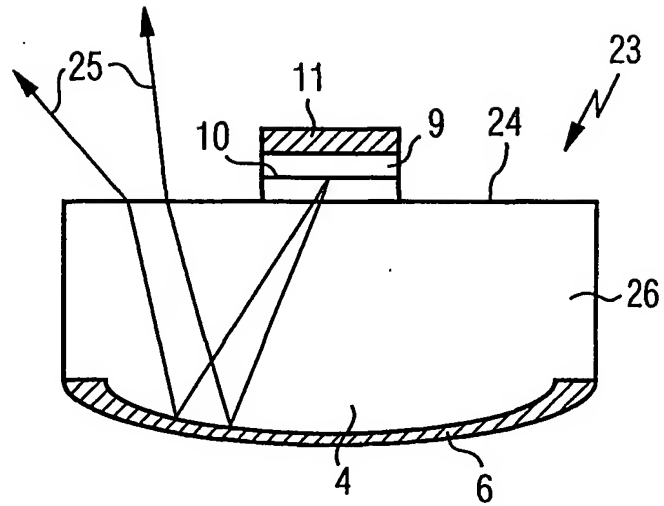
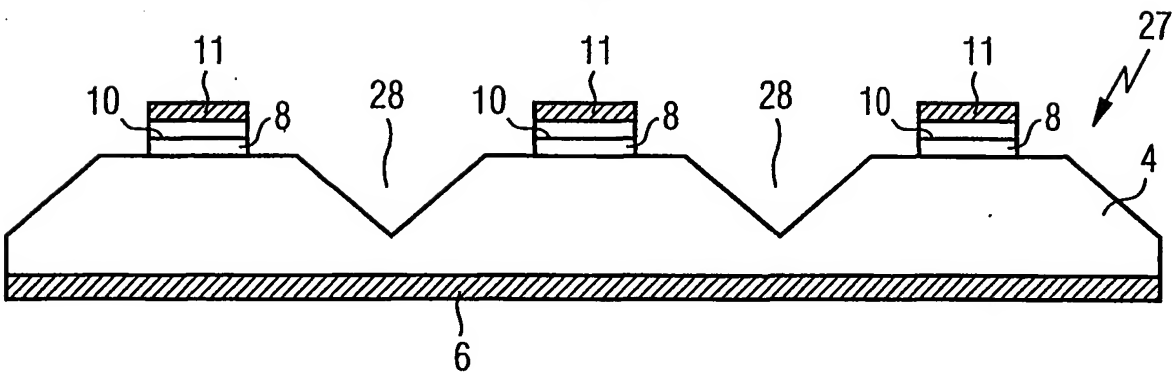


FIG 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/04171

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, IBM-TDB

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 September 1993 (1993-09-29)	1-4, 7-25
Y	abstract; figures 4,5	5,6
X	US 6 025 251 A (JAKOWETZ WOLF ET AL) 15 February 2000 (2000-02-15) column 3, line 53 -column 4, line 31; figure 1	1
X	US 5 429 954 A (GERNER JOCHEN) 4 July 1995 (1995-07-04) figure 1	1
Y	EP 0 415 640 A (HEWLETT PACKARD CO) 6 March 1991 (1991-03-06) column 5, line 28 -column 7, line 35	5,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2002

Date of mailing of the international search report

28/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Werner, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/04171

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0562880	A	29-09-1993	DE 69312360 D1	28-08-1997
			DE 69312360 T2	20-11-1997
			EP 0562880 A1	29-09-1993
			JP 6013650 A	21-01-1994
			US 5349211 A	20-09-1994
US 6025251	A	15-02-2000	DE 19536438 A1	03-04-1997
			DE 59601335 D1	01-04-1999
			EP 0766324 A1	02-04-1997
			JP 2831621 B2	02-12-1998
			JP 9116196 A	02-05-1997
			TW 406429 B	21-09-2000
US 5429954	A	04-07-1995	US 5923053 A	13-07-1999
			DE 4305296 A1	25-08-1994
			JP 2573907 B2	22-01-1997
EP 0415640	A	06-03-1991	JP 6350135 A	22-12-1994
			US 5055892 A	08-10-1991
			DE 69016885 D1	23-03-1995
			DE 69016885 T2	08-06-1995
			EP 0415640 A2	06-03-1991
			HK 169395 A	10-11-1995
			JP 2891525 B2	17-05-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04171

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29. September 1993 (1993-09-29)	1-4,7-25
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 4,5	5,6
X	US 6 025 251 A (JAKOWETZ WOLF ET AL) 15. Februar 2000 (2000-02-15) Spalte 3, Zeile 53 -Spalte 4, Zeile 31; Abbildung 1	1
X	US 5 429 954 A (GERNER JOCHEN) 4. Juli 1995 (1995-07-04) Abbildung 1	1
Y	EP 0 415 640 A (HEWLETT PACKARD CO) 6. März 1991 (1991-03-06) Spalte 5, Zeile 28 -Spalte 7, Zeile 35	5,6

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

21. Februar 2002

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

28/02/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Werner, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04171

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0562880	A	29-09-1993	DE 69312360 D1	28-08-1997
			DE 69312360 T2	20-11-1997
			EP 0562880 A1	29-09-1993
			JP 6013650 A	21-01-1994
			US 5349211 A	20-09-1994
US 6025251	A	15-02-2000	DE 19536438 A1	03-04-1997
			DE 59601335 D1	01-04-1999
			EP 0766324 A1	02-04-1997
			JP 2831621 B2	02-12-1998
			JP 9116196 A	02-05-1997
			TW 406429 B	21-09-2000
			US 5923053 A	13-07-1999
US 5429954	A	04-07-1995	DE 4305296 A1	25-08-1994
			JP 2573907 B2	22-01-1997
			JP 6350135 A	22-12-1994
EP 0415640	A	06-03-1991	US 5055892 A	08-10-1991
			DE 69016885 D1	23-03-1995
			DE 69016885 T2	08-06-1995
			EP 0415640 A2	06-03-1991
			HK 169395 A	10-11-1995
			JP 2891525 B2	17-05-1999